Sistema Eléctrico Rincón del Bonete - - Montevideo

ALGUNAS EXPERIENCIAS REALIZADAS

Por el Ingeniero FRANCO VAZQUEZ PRADERI, Jefe de Trabajos Eléctricos de RIONE

Trabajo Presentado al PRIMER CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA, realizado en Río de Janeiro en Julio de 1949

El Primer Congreso Panamericano de Ingeniería luego de considerar este trabajo, llegó a las siguientes conclusiones:

a) Que los ensayos descriptos y que fueran realizados por la RIONE en el Uruguay muestran que esa institución adoptó un cuidadoso proceso para asegurar el funcionamiento normal de su modernísimo sistema eléctrico.

b) Que por tanto, estos ensayos son muy interesantes para aquéllos que se dedican a instalaciones de sistemas de trasmisión.

En consecuencia se decretó su aprobación y publicación en los Anales del Congreso.

SUMARIO

El presente escrito, tiene por único objeto informar acerca de algunas experiencias realizadas en base al sistema eléctrico entre Rincón del Bonete y Montevideo. Los trabajos que se describen no son originales en sí mismos ya que otras instituciones similares los han llevado a cabo con anterioridad. Creo, sin embargo, que su recopilación, acompañada de nuestras observaciones, puede ser de interés para quienes se dedican a nuestra misma actividad dentro de la ingeniería.

La primera parte de la descripción se refiere a los estudios realizados con ayuda de analizadores de redes. Se pasa luego a la consideración de la experiencia realizada durante la operación del sistema en condiciones provisorias. Más adelante se concretan observaciones relacionadas con los dispositivos de protección empleados en las líneas de trasmisión y finalmente se enumeran rápidamente algunos ensayos sobre las unidades generadoras de la planta hidroeléctrica.

Quiero expresar mi reconocimiento al Ingeniero Juan C. Rezzano, Jefe de la Sección Electro Mecánica, a la que pertenezco, por sus valiosas indicaciones durante la realización del presente trabajo

---

Desde 1942 hasta el presente, la Sección Electromecánica de la RIONE (Comisión Técnica y Financiera de las Obras Hidroeléctricas del Río Negro) ha llevado a cabo una serie de estudios, observaciones y ensayos sobre el sistema eléctrico Rincón del Bonete—Montevideo.

Este sistema eléctrico, se halla representado simbólicamente en la figura 1, y comprende una central hidroeléctrica con cuatro unidades generadoras de 32.000 kVA (13.8 kV, 50 ciclos. 0.95 de F. P.) cada una, sub-estación de transformación elevadora, dos líneas de trasmisión paralelas (240 km, 161 kV), sub estación de transformación reductora a 31.5 kV, un anillo de cables subterráneos de 31.5 kV reuniendo cuatro sub-estaciones de distribución y finalmente su interconexión con la central termoeléctrica "J. Batlle y Ordóñez". Esta central comprende dos unidades de 31.250 kVA (6.3 kV, 50 ciclos, 0.80 de F.P.) cada una e inclusive el sistema principal de barras distribuidoras de 6.3 kV. (Véase *).

Con la sola exclusión de las dos unidades termoeléctricas y de tres de los cables subterráneos del anillo de 31.5 kV, el resto del sistema, indicado en la fig. 1, fué estudiado, instalado y puesto en servicio por personal a cargo de la RIONE. En el estudio y contratación de los equipos constitutivos de este sistema se tuvo el asesoramiento técnico de Harza Engineering Co. de Chicago, E. U. A.

a) *Estudios Analíticos Básicos*

El primer problema interesante del punto

(*) La Central "Santiago Calcagno" antigua usina termoeléctrica se mantiene conectada al sistema principal de barras de 6.3 kV de la Central "J. Batlle y Ordóñez", en calidad de reserva.

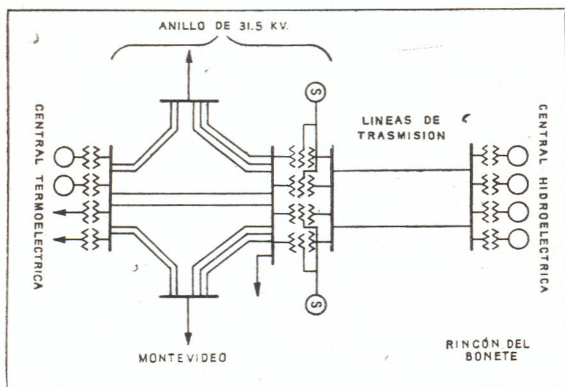


Figura Nº 1

de vista eléctrico, que hubo de ser abordado, consistió en el estudio y determinación de las características de inercia de las unidades hidroeléctricas en su relación con la estabilidad dinámica del sistema y la fijación de los parámetros eléctricos de cada una de las partes de dicho sistema (determinación de reactancias, tiempo de corte de interruptores, respuesta de reguladores, etc.). Para la determinación de estos parámetros eléctricos se realizaron estudios adicionales de regulación de voltaje con distintas condiciones de funcionamiento (repartición de generación y cargas).

En oportunidad de los estudios mencionados, se analizaron otras posibilidades de realizar la interconexión entre las dos centrales generadoras (diferente configuración del anillo y distinta posición de la estación transformadora reductora). Para no salir del marco estrecho de esta breve reseña, no se entrará en detalles sobre las posibilidades descartadas limitando las consideraciones al sistema mostrado en la Fig. 1 que fué el finalmente adoptado.

En los estudios de estabilidad, se tuvieron en cuenta dos tipos de defectos que fueron considerados los más severos admisibles del punto de vista técnico-económico. Ellos fueron: falta de doble fase a tierra para líneas aéreas de trasmisión y trifásico para cables subterráneos.

Todos estos estudios se desarrollaron en 1942, con la ayuda del Analizador de Redes (mediante corriente alterna) de Westinghouse Electric Co. en East Pittsburgh Penna. E.U.A.

Cuatro años más tarde (1946) y encontrándose ya en funcionamiento la primera unidad hidroeléctrica se completaron los estudios referidos anteriormente con otros de la misma naturaleza llevados a cabo sobre el Analizador de Redes (mediante corriente alterna) del Instituto Tecnológico de Massachusetts (M. I. T.), Cambridge Mass. E.U.A.

En esta oportunidad, se realizaron una serie de verificaciones de la estabilidad dinámica del sistema, considerando la existencia de faltas de la misma naturaleza que las dos descriptas anteriormente.

Además, se concretó la necesidad de disponer de compensadores del Factor de Potencia en la sub estación reductora a fin de sacar mayor partido de la potencia hidráulica disponible.

Las figuras 2 y 3 son ejemplares típicos de las curvas obtenidas en estudios de estabilidad del sistema en condiciones de generaciones y cargas próximas a las máximas.

La fig. 2, corresponde al caso de un cortocircuito franco de doble fase a tierra en el extremo de una de las líneas de trasmisión, próximo a la central hidroeléctrica, siendo aislado en 0.10 de segundo mediante la desconexión simultánea en ambos extremos al actuar la protección selectiva con onda portadora (carrier relaying). Se observa la tendencia al retorno en el ángulo de los rotores constituyendo esto una manifestación de la estabilidad del sistema bajo tan severas condiciones.

La fig. 3 corresponde al caso de un cortocircuito franco trifásico en un cable del Anillo de 31.5 kV, siendo aislado en 0.15 de segundo mediante la desconexión simultánea, en ambos extremos del cable, al actuar la protección selectiva con cable piloto o la instantánea de sobrecorriente. A pesar de la gran separación angular que en determinado momento alcanzan los rotores de las dos centrales (115º) es manifiesta la tendencia al retorno. En esta última oportunidad, se omitió, por razones de simplicidad, la consideración de los condensadores sincrónicos como máquinas rotativas sustituyéndolos por capacidades estáticas equivalentes, lo cual resulta perfectamente admisible por la baja constante de inercia de aquellas máquinas.

b) Observaciones sobre el funcionamiento

La central hidroeléctrica comenzó a producir energía eléctrica el 21 de diciembre de 1945, contando entonces con una unidad generadora y una línea de trasmisión. Dadas las condiciones precarias de ese sistema

de trasmisión, se prefirió dividir la carga entre las dos centrales haciéndolas trabajar por separado. A fines de 1946 se comenzó a funcionar en paralelo y con ello se empezaron a notar deficiencias en la estabilidad del sistema que a la sazón seguía siendo sólo una parte del representado en la Fig. 1 con el agravante de que las unidades termoeléctricas estaban conectadas entre sí por intermedio de barras de 6.3 kV, sobre las cuales se aplicaba la mayor parte de la carga del sistema. Estas barras a su vez se hallaban ligadas por dos transformadores elevadores (6.3/31.5 kV) en paralelo a la parte del Anillo de 31.5 kV instalada entonces. La sobrecarga de viejos cables constituyentes de la red de distribución, que demoró en ser modernizada como consecuencia de la última guerra, ocasionó un gran número de faltas en los mismos y como gravitaban muy desfavorablemente en el sistema provisorio de interconexión, dado que la protección de aquellos cables es lenta, el sistema perdía estabilidad con mucha frecuencia.

En 1946, durante el funcionamiento separado de las dos centrales, se registraron tres desconexiones debidas presumiblemente a faltas accidentales en la única línea de trasmisión. Dos de ellas tuvieron lugar en el mes de abril y una en agosto y las tres se produjeron en horas tempranas de la mañana.

Durante el año 1947, se produjeron cinco interrupciones debidas a defectos en la única línea de trasmisión disponible. La primera falta tuvo lugar en el mes de mayo, la segunda, tercera y cuarta en el mes de junio y la última en el mes de agosto. Todas ellas fueron atribuídas a arcos accidentales ya que permitieron la inmediata reconexión de la línea y todas tuvieron lugar en las últimas horas de la noche o primeras de la mañana.

Además, en ese mismo año, se produjeron dos interrupciones totales por pérdida de estabilidad.

En 1948 tuvo lugar solamente una desconexión debida a falta en la línea de trasmisión (mes de marzo, día 26, hora 6 y 23') y cuatro interrupciones debidas a pérdida de estabilidad. A mediados de año se modificó la interconexión de las unidades termoeléctricas volviéndola menos rígida y haciendo gravitar la carga aplicada a barras de 6.3 kV separadamente sobre cada unidad mediante seccionamiento de ese sistema de barras; quedando separados también, por el lado de

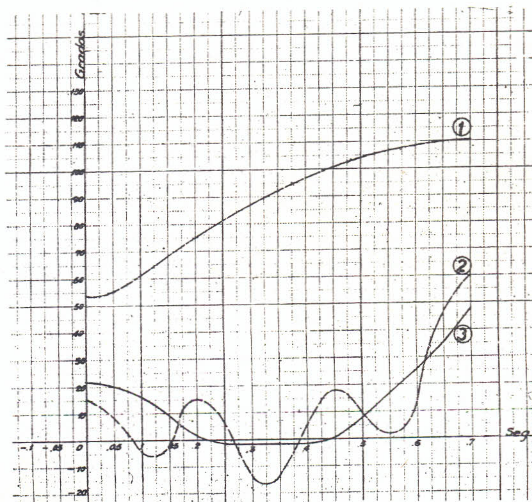


Figura Nº 2

1) Unidades hidroeléctricas; 2) Condensadores sincrónicos; 3) Unidades termoeléctricas
Corto circuito franco de doble fase a tierra en el extremo de una de las líneas de transmisión, próximo a la Central Hidroeléctrica
Aislado en 0,10 de segundo

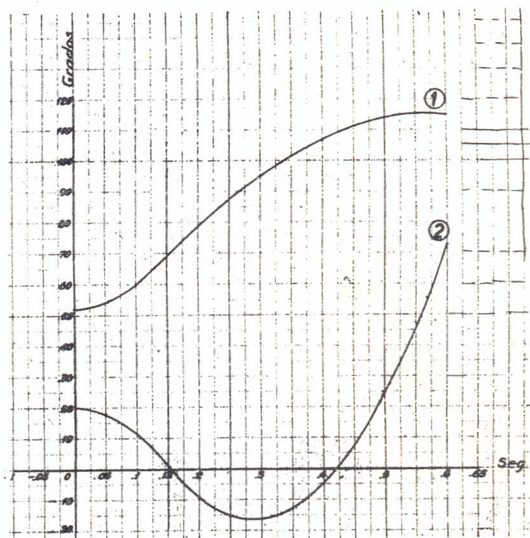


Figura Nº 3

1) Unidades hidroeléctricas; 2) Unidades termoeléctricas
Corto circuito trifásico franco en un cable del Anillo de 31,5kV
Aislado en 0,15 de segundo

baja tensión los dos transformadores de 6.3/31.5 kV. De las cuatro interrupciones aludidas sólo una tuvo lugar con posterioridad a dicha modificación a pesar que dentro de ese período existieron más de diez corto-

circuitos en la red subterránea de distribución.

Recién a fines de 1948, pudo entrar en servicio la segunda línea de trasmisión y se pudo completar las instalaciones con los interruptores de alta tensión.

En lo que va de 1949, se han producido cuatro faltas en líneas. Tres de ellas en la nueva línea de trasmisión (la primera en enero, y la segunda y tercera en marzo) y una en la primera línea (mes de abril). Todas ellas tuvieron lugar entre las horas 1 y ? de la mañana. Hasta el presente no se ha vuelto a producir ninguna pérdida de estabilidad a pesar de que la interconexión entre las unidades termoeléctricas y el Anillo de 31.5 kV no ha alcanzado su fase definitiva (gran parte de la carga gravita todavía sobre la conexión entre cada generador y su transformador de 6.3/31.5 kV).

Nótese que las faltas ocurridas en las líneas de trasmisión tuvieron lugar siempre en horas tempranas de la mañana y que en general correspondieron a instantes de gran calma atmosférica en toda la extensión de las mismas. No cabe duda que las condiciones ambientales en esas circunstancias resultaron siempre favorables a la existencia de condensación sobre la superficie fría de los aisladores y se ha observado, en condiciones de alta humedad atmosférica, gran proliferación de efluvios coronarios en conductores y aisladores. Resulta un tanto lógico suponer que, debido a la suciedad de los aisladores (suciedad que en general no es muy uniforme) y a determinadas condiciones favorables de conductividad creadas por el medio ambiente, se produce el nacimiento de un arco a tierra iniciándose probablemente por un arco contorneando uno de los elementos constitutivos de la cadena de suspensión. Tal es lo que hacen pensar algunas experiencias de laboratorio realizadas en E.U.A. (véase por ejemplo "Flashovers of suspension Insulators Due to Contamination", artículo de Adler, Wickham y Oldacre, A.I.E.E. Proceeding Vol 67, 1948).

También podría atribuirse la iniciación del arco a sobretensiones de origen atmosférico. Hay, sin embargo, dos razones poderosas que nos inclinan a atribuir mayor responsabilidad al polvo y la humedad sobre los aisladores que a las posibles sobretensiones; la primera de ellas, es el hecho simple de que ninguna de las faltas registradas ha coincidido con perturbaciones eléctricas evidentes de la atmósfera y la segunda, que, de acuerdo con el nivel isoceráunico probablemente inferior a 30 (30 tormentas eléctricas por año), para el nivel de aislación de las líneas de trasmisión (coordinado con el resto de las instalaciones en base a 750 kV de onda de impulso standard, cadenas de suspensión de diez aisladores standard de 10" × 5¾") y protección contra sobretensiones (doble conductor de guardia en toda la longitud de la línea, resistencia menor de 5 ohms de puesta a tierra de los mástiles, etc.) cabría esperarse sólo una falta por línea y por año en promedio estadístico (véase por ejemplo: el capítulo 13 del Electrical Transmission and Distribution Reference Book (Westinghouse) o el reciente artículo "Transmission Line Design and Performance Based on Direct Lightning Strakes" por E. L. Harder y J. M. Clayton, Electrical Engineering, abril 1949).

Pasando ahora a considerar los casos de pérdida de estabilidad, agregaremos que por razones de servicio, la protección de línea ha sido dotada de dispositivos que evitan la desconexión de las líneas en casos de pérdida de estabilidad por causas ajenas a ellas mismas. El hecho que se produjeran pérdidas de estabilidad no es sorprendente ya que si bien los estudios sobre estabilidad, a que nos referimos en otro capítulo, indicaron la tendencia del sistema a no perder el sincronismo, aun sometido a severas exigencias, ellos fueron realizados en base al esquema de la fig. 1, al cual nos aproximamos por etapas sucesivas de la construcción, pero que no hemos alcanzado todavía. Lo que sorprendió evidentemente, fué que en condiciones de pérdida de sincronismo, fallara de evitar la desconexión el dispositivo referido más arriba. En otras palabras, toda vez que existió pérdidas de sincronismo se produjo la apertura de los interruptores de la línea. Se admite que los dispositivos mencionados, que cuentan entre sus elementos dos relés de demora, al no seguir exactamente el compás de las oscilaciones del sistema puedan alcanzar un instante en que su defasamiento anule la eficacia del dispositivo. Evidentemente es tanto más probable que ese instante sea alcanzado cuanto más prolongada sea la perturbación del sistema. Los principios básicos del dispositivo de bloqueo a que hacemos alusión, se hallan discutidos en algunas publicaciones como por ejemplo una memoria

del Comité de Dispositivos de Protección de A.I.E.E. ("Interim Report on Application and Operation of Out-of-step Protection". Relay Sub Comité. Technical Paper 43, 119, may, 1943).

c) Protección ultrarrápida de líneas

Merece un capítulo aparte, el análisis de las experiencias y dificultades tenidas con las instalaciones de protecci6n ultrarrápida de líneas. El sistema adoptado es selectivo mediante el empleo de señal transferida por onda portadora. Relés de distancia unidos a relés direccionales de corriente residual, constituyen, en cada extremo los elementos básicos de la protección de líneas tanto en su aspecto selectivo (protección por zonas) como en su función dentro de la protección de respaldo (back-up protection). Desde las primeras etapas del funcionamiento, se tuvieron algunas operaciones confusas, especialmente por parte de los relés de distancia (impedancia) con onda portadora.

Se llevaron a cabo minuciosos ensayos sobre los relés en sí para lo cual se construyó una "mesa laboratorio" portátil (ver Fig. 4), que alternativamente es trasladada de un extremo al otro del sistema de trasmisión a los efectos de permitir el examen periódico (semestral) de los relés de impedancia. La práctica que se adoptó para la realización de estos ensayos es la seguida por el Departamento correspondiente de las Autoridades del Valle del Tennessee (T.V.A.) E.U.A., en la vigilancia y mantenimiento de relés análogos.

Además se llevaron a cabo prolijos ajustes en los equipos de onda portadora, encarándose la realización de pruebas periódicas completas (quincenales). El proceso de ajuste de los equipos de alta frecuencia fué sumamente arduo y lento. La información de los fabricantes resultó insuficiente para llegar a condiciones aceptables de funcionamiento. Fué entonces necesario llevar a cabo una prolija experimentación muy dificultada por las exigencias del servicio. Nótese que para realizar un ajuste que envuelva todos los elementos del equipo (trasmisores, acopladores a la línea, trampas de onda, etc.) se necesita disponer a voluntad de la línea sobre cuyo equipo se trabaja, lo que implica sacarla fuera de servicio.

Nuestra labor se vió acrecentada aun al encontrarse interferencias entre los equipos de

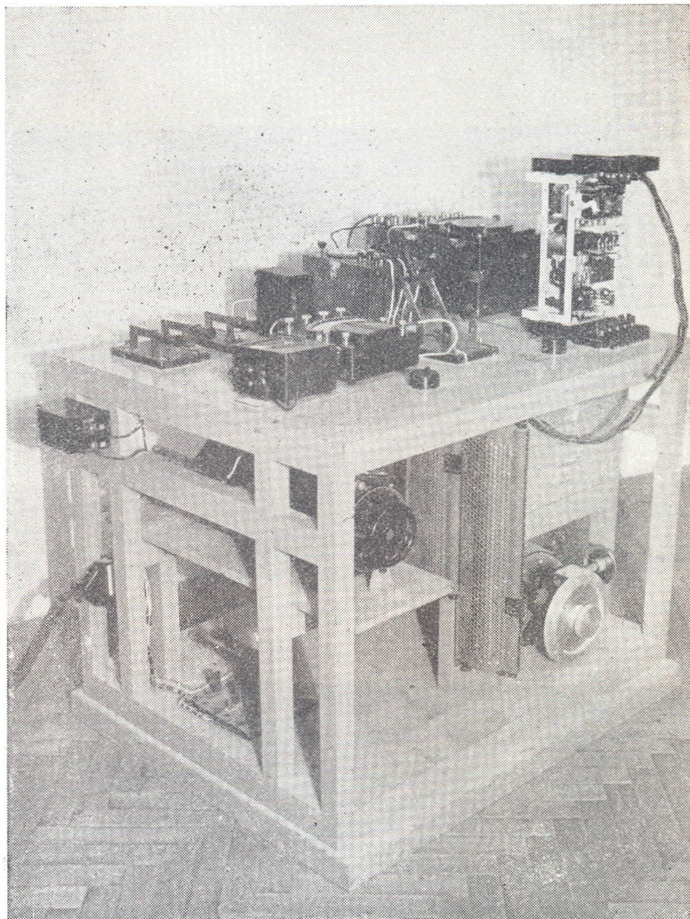


Figura Nº 4

ambas líneas. Algunas frecuencias de emisión del equipo de una línea eran capaces de pasar a través de dos trampas (las del mismo extremo de ambas líneas) introduciéndose en la otra línea. Mediante pacientes ensayos variando ligeramente las frecuencias de emisión (ya que era totalmente imposible ajustar simultáneamente trampas de onda en diferentes líneas, porque ello implicaría sacar de servicio totalmente el sistema de trasmisión) se alcanzó un ajuste satisfactorio de los equipos en conjunto. Las frecuencias de emisión finalmente adoptadas son las siguientes: Extremo Planta Hidroeléctrica: equipo de línea 1: 70 kC y equipo de línea 2: 61 kC; Extremo adyacente al Anillo de 31.5 kV, equipo de línea 1: 62.4 kC y equipo de línea 2: 53.4 kC.

La trasmisión de las ondas portadoras, se realiza utilizando un solo conductor de línea, haciendo el retorno por tierra. A los otros dos conductores de una de las líneas se halla acoplado un tercer conjunto de equipos de alta frecuencia destinado a las comunicaciones telefónicas. Las frecuencias de emisión de este equipo para comunicaciones,

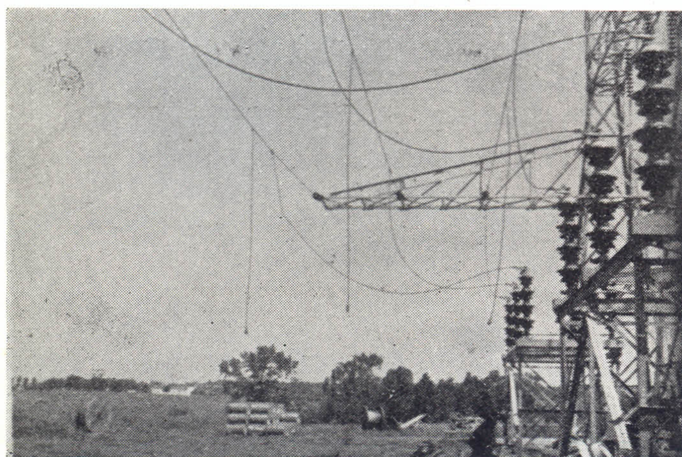


Figura Nº 5

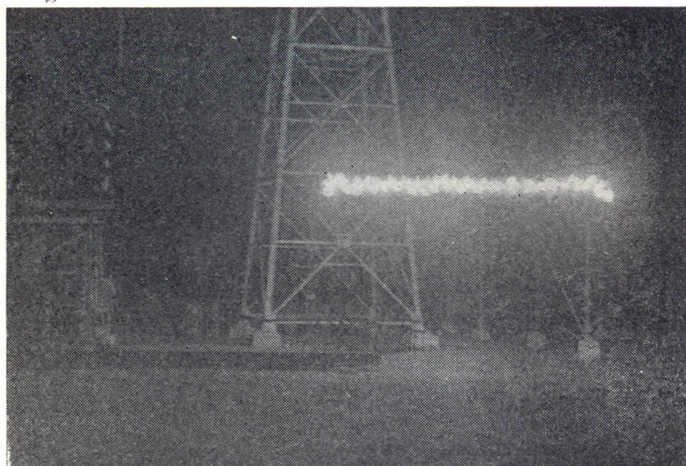


Figura Nº 6

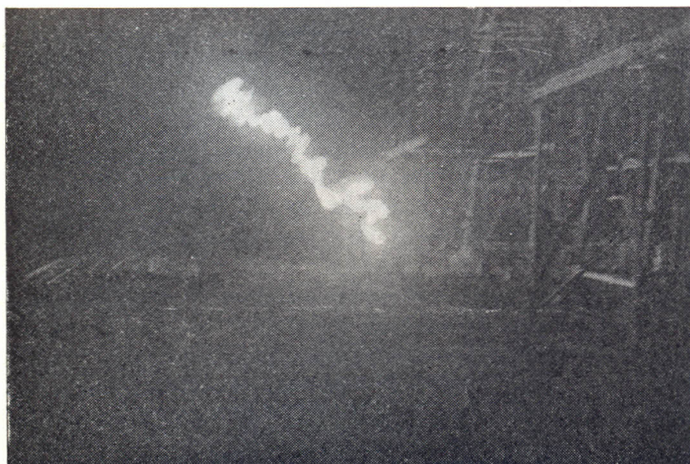


Figura Nº 7

son las siguientes: Extremo Planta hidroeléctrica 110.8 kC y Extremo adyacente al Anillo de 31.5 kV: 87.2 kC.

Simultáneamente con los trabajos descriptos más arriba, se estudiaron analíticamente las condiciones "vistas" por los relés de protección en casos de distintas faltas en líneas y se llevaron a cabo ensayos "in situ". Con ellos se evidenció que en determinadas condiciones de funcionamiento (pocos generadores en servicio, etc.) se obtenían, en caso de faltas, corrientes muy bajas en los relés no llegando algunas veces a sensibilizar sus elementos direccionales o de tiempo (motor sincrónico de temporización de los relés de impedancia). Fué necesario cambiar las relaciones de transformación de los transformadores de intensidad correspondientes, de modo de aumentar la corriente secundaria. Las relaciones de transformación originalmente adoptadas obedecían a la posibilidad de asimilar con muy pequeña sobrecarga, por parte de los relés, las corrientes correspondientes a las que tienen lugar sobre una línea cuando se produce la apertura accidental de la otra, en condiciones de elevada generación en la planta hidroeléctrica.

En algunos ensayos, se trató de reproducir el arco de defecto; para ello se realizó el corto circuito mediante un alambre de acero A.W.G. 30 conectado a la, o las fases, (y eventualmente a tierra) de modo que su disociación, provocada por la elevada temperatura al conducir una gran corriente diera origen a la necesaria ionización del aire para iniciar el arco.

Las pruebas se realizaron utilizando sólo una de las líneas, conectada a un transformador y su generador correspondiente de la planta hidroeléctrica, destinándose el otro extremo, en vacío, para el emplazamiento del defecto.

La fig. 5, ilustra la posición en que se instaló el alambre de acero y las figuras 6 y 7 muestran sendos registros fotográficos de dos defectos estudiados, falta trifásica y falta de fase a tierra respectivamente.

Los oscilógramas que aparecen en las figuras 8, 9 y 10, corresponden a defectos provocados como se expresó más arriba. Los registros indicados por los números 1, 5 y 6 corresponden a la corriente de fase, el registro número 2, a la corriente residual y los registros números 3 y 4 a tensiones compuestas tomadas a ambos lados del interruptor

que aisla el defecto. El registro número 7 se ha utilizado para dar indicación del instante en que se ordena el disparo del interruptor (véase *).

En las figuras 8 y 10 puede observarse que la extinción del arco se produce dentro de un intervalo de cuatro ciclos a contar del instante de excitación de la bobina de disparo. Los interruptores empleados, aparecen en la Fig. 11 y son de tipo GM—3 de Westinghouse (Mutiflow Deion - grid), 161 kV, 2.500 MVA y tiempo de corte 5 ciclos en base a frecuencia de 60 períodos por segundo.

La corta corriente residual que aparece en el registro 2 de la fig. 8, resulta como consecuencia de la carga capacitiva desequilibrada, significada por la línea de transmisión, al quedar sólo la última fase por cortar (registro 5).

La fig. 10 corresponde a una falta de una fase a tierra para la cual, los relés demoraron anormalmente su detección, poniéndose de manifiesto la necesidad de aumentar la sensibilidad de los mismos.

El conjunto de los ensayos eléctricos realizados permitieron encontrar varios errores de conexionado, provenientes de fábrica, algunos de ellos en el cableado de los paneles de control y otros aun dentro de las mismas cajas de los relés.

d) *Otros ensayos efectuados*

Cuando estuvo instalada la primera unidad generadora de la planta hidroeléctrica y antes de ponerla en servicio, se realizaron algunos ensayos de carga valiéndose de un reóstato de agua que se construyó a esos efectos aguas abajo de la casa de máquinas. En la Fig. 12 aparecen los electrodos constituídos por tres chapas curvadas sobre una balsa, próxima al lugar de inmersión. El voltaje aplicado entre electrodos alcanzó el nominal del generador, es decir 13.800 volts. En un principio se notaron dificultades por la aparición de arcos de descarga, en la parte sumergida, localizados principalmente entre las extremidades de los separadores de madera y las chapas de los electrodos. Este defecto se corrigió

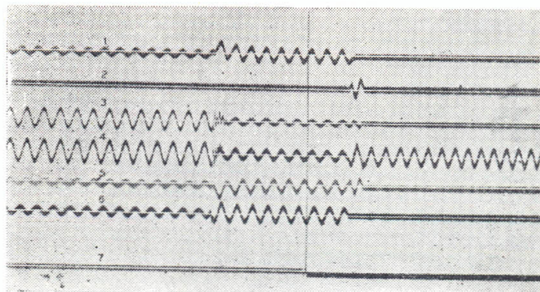


Figura Nº 8

mediante un tratamiento cuidadoso de los separadores (secado, inmersión en compound caliente y recubrimiento de los extremos con

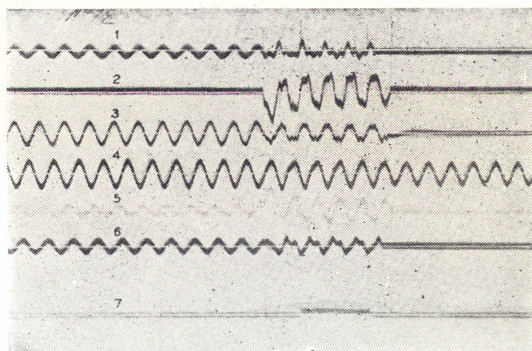


Figura Nº 9

varias capas de cinta de mica y cinta de vidrio).

Estas pruebas permitieron fiscalizar la calidad de respuesta del regulador de velocidad de la turbina hidráulica tanto en aplicación como en corte brusco de carga.

La segunda unidad instalada fué sometida a prueba análoga valiéndose del reóstato de agua. Las unidades tercera y cuarta fueron ensayadas luego de hacer su "paralelo" con las restantes, observándose la habilidad pa-

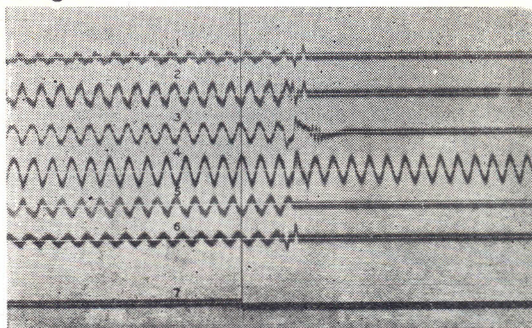


Figura Nº 10

(*) En las figs. 8 y 10, el registro 7 indica el instante en que es excitada la bobina de disparo. En la Fig. 9, hay dos indicaciones, la primera de ellas corresponde al instante en que habiendo operado el relé selectivo, se excita el relé auxiliar que comanda alarmas, excitación de bobina de disparo, etc.; la segunda pretendía ser indicación del instante en que es excitada la bobina de disparo pero el objeto no se logró por imperfección de un contacto utilizado en el circuito de control.

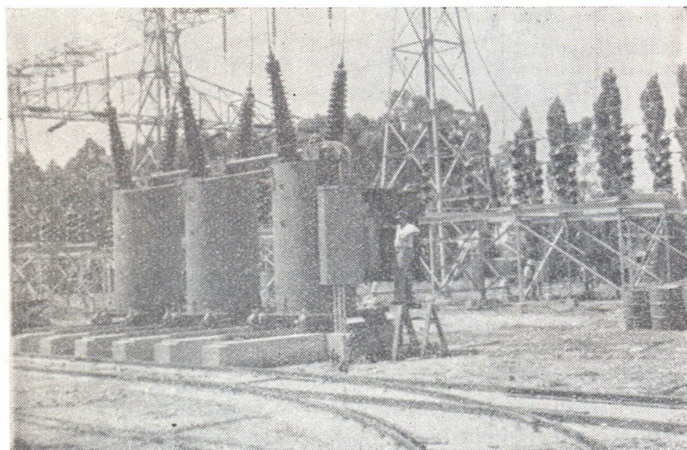


Figura Nº 11

ra tomar o rechazar carga actuando entonces sobre los comandos respectivos.

No queremos dar por terminada esta descripción sin referirnos muy brevemente a algunos ensayos realizados sobre la maquina-

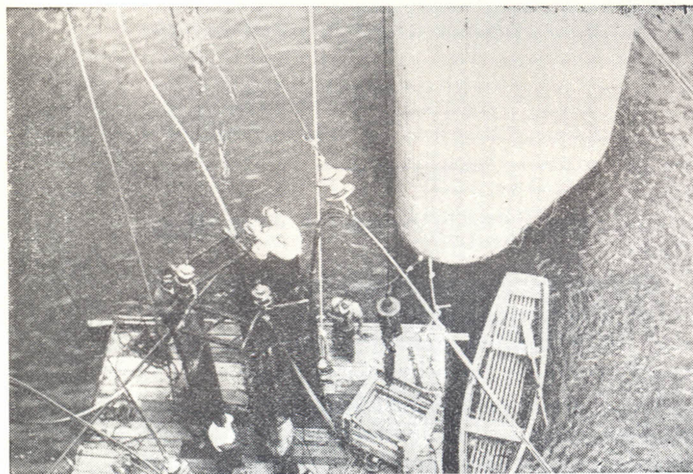


Figura Nº 12

ria hidráulica, que consideramos de gran importancia. En primer término y antes de comenzarse la construcción de las turbinas se llevaron a cabo ensayos sobre un modelo a escala reducida de la turbina Kaplan proyectada. De los resultados de estas pruebas se obtuvieron las curvas de rendimiento para distintas caídas. Los ensayos de modelo tuvieron lugar en la misma fábrica de la turbina S. Morgan Smith, York, Penna E.U.A. en 1943.

En 1947 se llevaron a cabo, con la segunda unidad instalada los ensayos llamados de "Index Test", habiéndose encontrado una discrepancia muy grande entre sus resultados y los arrojados por los ensayos de modelo. Se llegó a la conclusión de que ello se debía a la incorrecta disposición de las tomas piezométricas (una de ellas colocada en el tubo de presión y otra en la carcasa espiral encima del anillo de traviesas). Como consecuencia, se cambió la posición de las tomas piezométricas emplazándolas ambas en la intersección de la carcasa espiral con un semiplano axial de la turbina de acuerdo al método de Winter and Kennedy.

A fines de 1948, se realizaron los "Index Test" de la tercera unidad con resultados ampliamente satisfactorios, confirmándose así no solamente la corrección de las nuevas tomas piezométricas para el control del caudal sino también una correspondencia aceptable entre los resultados de los ensayos con la turbina y los obtenidos con los ensayos de modelos.

Se dispuso entonces, la adopción de esas nuevas tomas para las otras tres unidades de la Planta.

Finalmente, y como dato de interés ilustrativo, diremos que la energía generada por la Planta Hidroeléctrica desde el comienzo de su funcionamiento hasta junio de 1949 sobrepasa los mil millones de kWh, habiéndose alcanzado durante el último mes de mayo, una generación de 40 millones de kWh.

Es interesante destacar que, afortunadamente resultaron eficaces las medidas de seguridad adoptadas en la realización de los trabajos que comprende la instalación de todos los aparatos eléctricos del sistema (construcción de las líneas de trasmisión, montaje de subestaciones, etc.), pruebas y puesta en servicio de los mismos no registrándose ningún accidente fatal no obstante que todo el trabajo se realizó utilizando únicamente personal radicado en el país y que por ser ésta la primera obra de su género en el Uruguay, carecían en absoluto de experiencias en ellas.